

研究課題	長期間にわたる長時間の山歩きを伴う修行が ヒトの生体機能に及ぼす影響
研究代表者	内 田 英 二（人間学部人間科学科 教授）

① 研究の目的

（１）修行の学術的背景

１）回峰行について

多くの宗教に「苦行」と呼ばれる修行が存在するが、それらは、千年以上の時間をかけて、気候・風土などを熟慮しながら、その過酷さを最大限に引き出したものを作り上げてきたと考えられる。修行の期間や方法などは、主に修行僧の経験則から決められてきたものであろうが、今日実践する上で、とても合理的なシステムとなっていると考えられるものが多い。

本邦に仏教が伝来したのは６世紀頃であり、本邦内では神仏習合という土着の神祇信仰と仏教信仰が融合した宗教が広まった。仏教はその後独自の進化を遂げるが、一部に神仏習合を現代まで引き継ぐ宗教もある。その中の一つが修験道であり、これは俗に「山伏」と呼ばれる人たちを擁する宗教である。この修験道には、現在でも数多くの修行（苦行）が存在し、それを実践している僧侶も多い。

修験道では長期間にわたり山歩きを行う「回峰行」が行われる。その内容は、靡（なびき）と呼ばれる行場で読経をしながら、奈良県吉野にある本山・金峯山寺（標高 471m）から山上ヶ岳山頂（標高 1719m）までの距離約 25km、標高差約 1200m の山道を往復するものである（塩沼と板橋、2007）。

このような回峰行を 100 日連続で行うものを「百日回峰行」と呼ぶ。この間、前半 50 日間は金峯山寺を出発して山上ヶ岳山頂に宿泊し、翌日に金峯山寺まで降り、後半の 50 日間は金峯山寺から山上ヶ岳山頂間を 1 日で往復する。したがって前半は 1 日約 25 km、後半は 1 日約 50 km を歩くことになる。

２）修行に関する生理学的な先行研究

このような修行を作り上げてきた修行僧たちの経験則を具体的にデータ化したもの、すなわち、修行が身体に与える生理学的影響をまとめた研究はほぼ皆無であり、過酷な修行が身体に対してどのような影響を及

ぼすかについては明確になっていない。今回取り上げる修行（回峰行）は我々がこれまで研究対象としてきた身体活動と比較して 1 回の活動に要する時間および 100 日間休まずに行われるという期間の両面からみて、他に例をみない身体活動と考えられる。このような観点から研究の対象にすることが極めて有意義であると考えに至った。

我々はこれまでヒトの抗酸化システムについて、様々な運動との関連から検討している（神林、石村ほか、2004、神林、内田ほか、2009）。体内に発生する活性酸素種（Reactive oxygen species; 以下 ROS）は過度な身体活動や過剰なストレスの影響を受けるといわれ、生活習慣病やガン、老化の大きな要因として注目されている（大野、跡見、伏木、1998）。ヒトは生命活動を営むうえで酸素を消費しているため、生体内では恒常的に ROS が生成される。ROS の生成が増大すると、脂質、タンパク質および DNA 等が酸化損傷を受ける。これを酸化ストレスと呼んでいる。ROS の生成は酸素摂取量に比例するため、運動などの身体活動は酸化ストレスを増大させる可能性がある（野口、2003）。本来生体には生成された ROS を除去する機能（抗酸化システム）が備わっているが、ROS の生成量と抗酸化システムのバランスが崩れると酸化損傷が進行する可能性がある。現在、抗酸化物質を含んだ食品や栄養補助食品が広く普及しているが、これは ROS の増大により生体内の抗酸化システムでは十分な防御が困難であることに起因していると考えられる。

本研究で検討する 8-OHdG (8-hydroxy-deoxyguanosine) は DNA の酸化損傷の指標である。先行研究では、過度な身体的ストレスを与えるロードサイクリングレースやマラソン、スーパーマラソンなどにより運動後の 8-OHdG 含有量が運動前値に比して有意に増加したことが報告されている。このことから長時間に及ぶ有酸素運動は 8-OHdG 含有量を有意に増加させると言える。これに対し、自転車漕ぎ運動やローイング運動による疲労困憊に至る漸増負荷運動を行わせた報告では運動後の 8-OHdG 含有量に有意な増加は認められて

いない。この相違の理由としては運動時間の長短が考えられ、8-OHdG 含有量を有意に増加させるような酸化ストレスは長時間の運動によって惹起されることが示唆される。

② 研究の経過

本研究課題では回峰行を取り上げるが、百日回峰行を行う人数は極めて限定的である。22 年度に実施予定であった行者が諸事情により百日回峰行の実施を取りやめることとなった。この事態から研究計画を急遽見直し、以下のように変更した。

- ・本研究に従事する研究者を被検者として、単発的な山行を伴う修行が生体機能に及ぼす影響について明らかにする。
- ・百日回峰行予定者の確認と事前協議

①山行を伴う修行が生体機能に及ぼす影響について

1) 対象とした修行

百日回峰行における行程と同じ行程で行う蓮華奉獻入峯を対象とした。時期は 2010 年 7 月 7 日～9 日に行なわれた。この修行には修行僧、一般の体験修行者など 100 名超が参加した。

7 日夕刻集合の後、修行に関する説明が行われ、8 日以降の予定が示された。

2) 被検者

被検者は、健康な中年男性 2 名であった (Sub. A; 48.2 才、Sub. B; 43.6 才)。

3) 修行内容

修行は主として 25km の山行と途中にある行場での読経である。山行は徒歩にて午前 3 時に吉野山東南院を出発し、途中 10 数ヶ所の参拝、般若心経の読経と食事を含んだ数回の休憩を挟み、午後 4 時頃に東南院山上参詣所に到着した。出発から到着まで約 13 時間の歩行となった。

山行は大きく 3 つに分類され、出発から 5 時間はアスファルト舗装された公道の歩行 (1st phase)、続く 6 時間は急峻な部分を含む未舗装の登山道 (2nd phase)、最後の 2 時間の行程は比較的緩やかな登山道の歩行に加え、様々な行場での修行 (西の覗き、など) であった (3rd phase)。

3) 測定

生体機能の測定項目として、修行中の心拍数、修行

前後の血中乳酸濃度および唾液アミラーゼ値について検討することとした。ただし、修行という性質から種々の測定を行っていることが周囲から明らかにならないようにするという条件が宗務総長より示され、この条件を厳守することを了解した。

心拍数の測定には簡易式心拍計 (Polar 社製 RS800) を用いた。胸部に送信部であるトランスミッターをベルトにより装着し、また受信部であるモニターを手頸部に装着して歩行開始から修行終了時までの心拍データを採取した。採取したデータは後日赤外線送信によってパソコンに取り込み、解析を行った。なお測定データは 5 秒ごとにサンプリングされた推定値を 1 分間値として平均化したもので評価した。

また血中乳酸濃度は簡易血中乳酸濃度測定器 (アークレイ社製ラクテート・プロ) により測定した。採血は指尖部より行い測定装置のセンサー部分の先端より血液を吸引させることで測定した。

唾液 α -アミラーゼは酵素分析装置 (ニプロ社製唾液アミラーゼモニター) を用いて測定した。

血中乳酸濃度、唾液 α -アミラーゼ値はいずれも修行開始前と修行終了後に測定した。

4) 結果

・心拍数変動について

修行中の心拍数変動について、1st phase、2nd phase および 3rd phase に分けて分析した。1st phase は約 4.5 時間であり、この間の平均心拍数は Sub. A が 104.8 ± 13.7 (拍/分)、Sub. B が 106.4 ± 18.2 (拍/分) であった。1st phase は読経を行う行場が 12 か所あり、比較的大きな参拝場所である水分 (みくまり) 神社、金峯神社では読経を含め約 30 分間の休息があった。また各行場の間隔が 5 分～15 分と短いものであった。読経は立ち止まって行い、歩行も歩きやすい舗装道路であったことから心拍数が低く推移したものと考えられる。ただし最高心拍数は Sub. A が 137.4 (拍/分)、Sub. B が 153.4 (拍/分) であり歩行中は高い運動強度であったことが明らかとなった。

2nd phase (登山道) での心拍数変動を図 1 に示した。約 6 時間の歩行であったが、途中に休憩が含まれているため平均心拍数は Sub. A が 124.1 ± 13.1 (拍/分)、Sub. B が 127.1 ± 19.1 (拍/分) であった。1st phase 同様に最高心拍数についてみたところ、Sub. A が 154.2 (拍/分)、Sub. B が 169.1 (拍/分) であり、心拍予備能から運動強度を求めるとそれぞれ 82% と 93% という非常に高いレベルであったことが明

らかとなり、運動強度の分類では疲労困憊に至る最大運動に次ぐレベルである激運動に相当するものであった。

また被検者間で同じ行程でありながら特に最高心拍数で約 15（拍/分）の差が生じている状況が観察された。Sub. A は 100 名を超える列の前方、Sub. B はほぼ最後尾に位置していたが、後方に行くほど歩行のペースが一定ではなかった。心拍数の差が生じた理由の一つにこのような歩行速度に大きな乱れが影響したことも考えられる。

・血中乳酸濃度について

修行前後の血中乳酸濃度の変化については図 2 に示した。修行前の測定値は Sub. A が 2.4mmol/L、Sub. B は 2.2mmol/L であったが、修行後は 3.9mmol/L、3.2mmol/L にそれぞれ上昇した。

運動強度と血中乳酸濃度は比例関係にあるが、ある強度までは、運動強度が増加しても血中乳酸値はあまり増加しない。しかしある運動強度を超えて血中乳酸濃度が上昇を開始する強度を乳酸性閾値（lactate threshold; LT）と呼び、さらに血中乳酸濃度が 4mmol/L を超えた時点から急激に上昇するポイントを OBLA（onset of blood lactate accumulation）と呼んでいる。今回、歩行終了後は護摩焚きなどの行があったため、移動や歩行を伴わない時間が 1 時間程度あった。血中乳酸濃度測定はこの後実施したことから、修行終了直後と比較してある程度低下したと考えられ、2 名とも OBLA を超える高い強度で歩行していたことが推測された。

・唾液 α -アミラーゼ濃度測定

唾液 α -アミラーゼ濃度は血中乳酸同様、修行前後に測定した。Sub. A、Sub. B いずれも顕著な変化は観察されなかった。

③ 研究の成果

行者による修行中の種々の測定には、その行者の行の妨げにならないような配慮が求められる。心拍数測定や血中乳酸値測定は生体負担度を確認できる有効な指標であるが、ベルトの装着による拘束感の問題や血液採取など侵襲的な方法をとることなどの点から、その実施は現実的には困難である。したがって我々が用いることができる測定指標は協力を得られるものに限定される。大橋（2011）は百日回峰行における行者の身体機能を運動能力テスト、身体機能測定から検討

したが、修行中の測定は栄養調査と身体組成など非侵襲的な測定に限られた。

今回の測定は、被検者が行者ではなく、また単発的ではあるものの修行の運動強度を侵襲的な方法あるいは先行研究と同様の測定方法で行ったことで比較検討を行うことができる点で有意義であったものと評価している。

さらに今回の結果から修行時における運動強度の高さが明らかとなり、我々が採用することとした非侵襲的である尿採取による成分分析によって生体内における様々な変化を測定する必要性が示された。

これまで積み上げてきた研究成果を基礎とし、類まれな高強度の身体活動がヒトの生体内部にどのような変化をもたらすのかを確認したいと考えている。

④ 研究の課題と発展

本研究で対象とする百日回峰行はその過酷さから多くの行者が実施できるものではなく、参加を希望しても本山の許可が得られなければ実施できないとされている。したがって被検者は 1 年に 1 人程度であるため、同時期に多くのデータを収集することは極めて困難である。

またこのような過酷な修行に直接的に関わって科学的な研究をどこまで進められるかという課題もある。これまでもこのような修行に関する生理学的研究は皆無に等しい状況である。しかし宗教研究にこれまで多くの実績を積み上げてきた本学教員が中心となった研究集団ということ、共同研究者の中に僧籍をもち、宗教について十分に理解している研究者がいたこと、などの条件が整っていなければ、修験道本山からの了解は得られなかったとも十分に推察される。本学の教員でなければできない研究テーマであるため、少しずつであるがデータを蓄積し、長期的な視点で取り組んでいきたいと考えている。

平成 23 年度には百日回峰行を予定している行者がいるとのことから、修験道本山および対象者との協議のため共同研究者が現地に赴き、種々の協議や調整に着手している。

参考文献

- 塩沼亮潤、板橋興宗（2007）大峯千日回峰行—修験道の荒行—、P228、春秋社、東京。
神林勲、石村宣人、中村寛成、内田英二、武田秀勝、藤井博匡（2004）短時間の高強度間欠的運動は尿中 8-OHdG 含有量を増加させる。日本運動生理学雑誌 11-2,61-67.

神林勲、石村宣人、中村寛成、木本理可、内田英二、藤井博匡、武田秀勝（2005）運動による DNA 酸化損傷と好中球スーパーオキシド生成能の関係、北海道体育学研究 40：1-7.

神林勲、福土宗光、日下部未来、内田英二、桑原洋子、武田秀勝（2009a）野菜抽出酵素液の摂取が日常生活時と運動負荷時におけるヒト生体内の酸化還元状態に与える影響、北海道教育大学岩見沢校年報いわみざわ 30：37-47.

神林勲、内田英二、日下部未来、武田秀勝（2009b）最大負荷運動におけるヒト末梢血好中球の NADPH オキシダーゼ活性と細胞系スーパーオキシド生成能との関係、体力科学 58：255-264.

木本理可、神林勲、石村宣人、中村寛成、内田英二、許栄海、藤井博匡、武田秀勝（2005）熟成ニンニク抽出液が日常定期的運動負荷時および一時的最大運動負荷時の尿中 8-OH d G 含有量推移に及ぼす影響、北海道スポーツ医・科学雑誌 10：17-26.

野口範子（2003）運動に関連する酸化ストレスと抗酸化作用、

日本運動生理学雑誌 10 - 1：1-8.

大橋信行、内田英二、神林勲、武田秀勝、大野誠（2011）山岳修行が修行僧の身体機能に与える影響について、第 151 回日本体力医学会関東地方会予稿集.

大野秀樹、跡見順子、伏木亨（1998）活性酸素と運動、P145、杏林書院、東京.

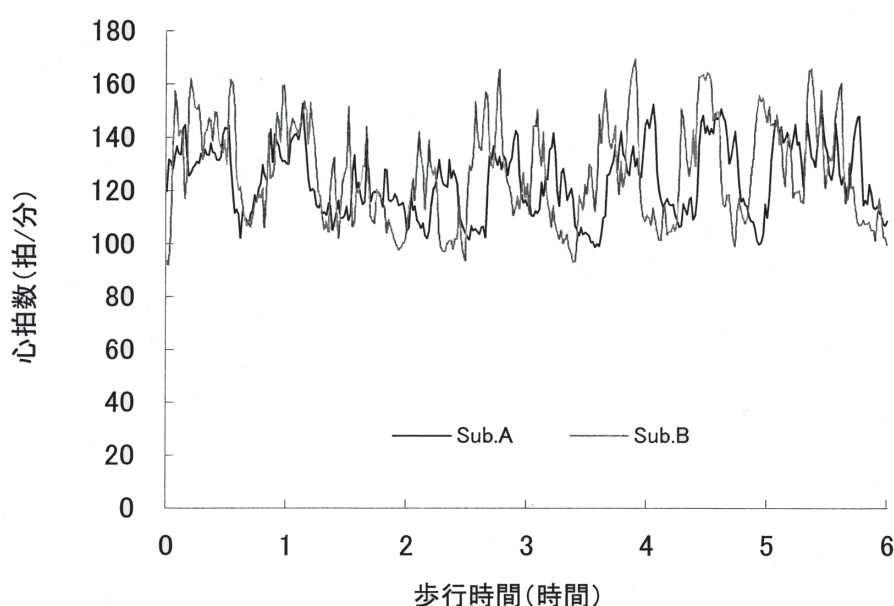


図 1. 登山道（2nd phase）歩行中の心拍数変化

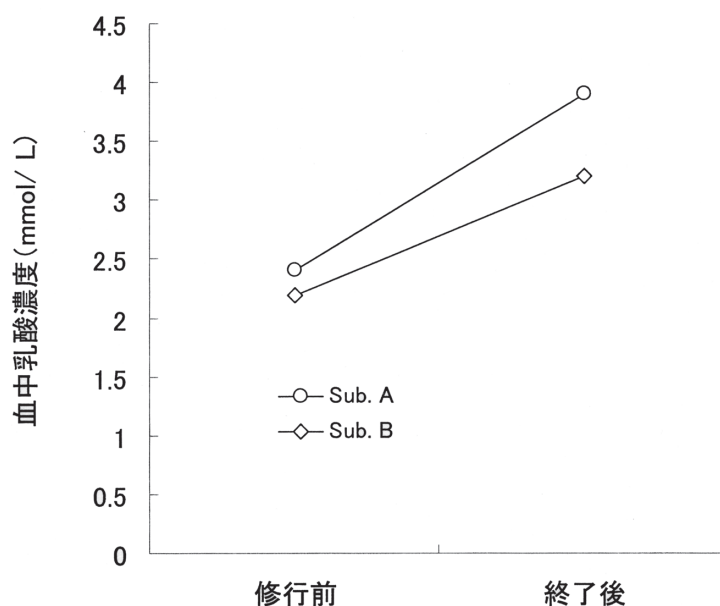


図 2. 修行前後における血中乳酸濃度の変化